

Upravljanje organskim otpadom beogradskih pijaca

Regionalni centar za talente - Beograd II

Autor:

Tijana Ivanović

Treća beogradska gimnazija

Mentori:

Snježana Raković, profesor Treće beogradske gimnazije

Ivan Novković, asistent Geografskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Beograd, april 2012.

1. Rezime

Cilj rada *Upravljanje organskim otpadom beogradskih pijaca* je da se prikaže trenutne aktivnosti u ovoj oblasti i da iznese predloge za njihovo unapređenje. Najveći proizvođači komercijalnog bio-otpada u gradu Beogradu su pijace, supermarketi, trgovinski lanci, restorani, catering službe i dr.

U radu su prikazani metodologija i rezultati istraživanja koje je JKP Gradske pijace uradilo u oktobru 2011. godine. Takođe, izneti su evropski primeri dobre prakse upravljanja bio-otpadom i tehnologija koja stoji iza njih.

Rezultati rada ukazuju na činjenicu da beogradske pijace godišnje generišu oko 5500 t organskog otpada od kog se anaerobnom digestijom može dobiti do 825.000 m³ biogasa ili 2800 tona komposta (putem kompostiranja), za tretiranje proizvodnje na 700 ha poljoprivrednog zemljišta.

U radu je predloženo da se problem sakupljanja i nesanitarnog odlaganja organskog otpada reši izgradnjom separacionih centara u kojima bi zaposlenje pronašli neformalni sakupljači koji trenutno odvajaju reciklabilan otpad iz gradskih kontejnera. Preradom tako separisanog otpada mogu se dobiti prethodno navedene količine biogasa i komposta.

Takođe je neophodno raditi na svesti stanovništva o značaju prerade otpada koji ima tendenciju da nas, u budućnosti, sve zatrpa.

Ključne reči: organski otpad, bio otpad, gradske pijace, anaerobna digestija, kompostiranje, prirodno đubrivo...

1. Summary

The aim of the paper *Management of organic waste from Belgrade markets* is to present the current activities in this field and to present proposals for their improvement. The largest producers of commercial bio-waste in Belgrade are markets, supermarkets, retail chains, restaurants, catering services, etc.

This paper presents the methodology and results that the PUC City Market did in October 2011. Also, it presents the European examples of good practices of bio-waste management and the technology behind them.

Our results suggest that the Belgrade markets annually generate about 5500 t of organic waste from which anaerobic digestion can produce up to 825000 m^3 of biogas or 2800 t of compost (through composting), which can be used to treat the production on 700 ha of agricultural land.

In the paper, it was suggested that the problem of collection and unsanitary disposal of organic waste should be solved by building separation centres which would employ informal collectors who are currently separating recyclable waste from municipal dumpsters. The processing of thus separated waste can produce the above mentioned quantity of biogas and compost.

It is also necessary to raise public awareness of the importance of processing waste which tends bury us all in the future.

Key words: organic waste, bio-waste, city markets, anaerobic digestion, composting, natural fertilizer...

2. Uvod

Ovaj rad se bavi razvojem savremenog sistema upravljanja organskim otpadom u urbanim sredinama. Organski otpad se definiše kao biorazgrađiva masa biljnog ili životinjskog porekla koja obuhvata voće i povrće, biljke i cveće, meso, ljuske od jaja, sir, kosti i koštanu masu, salвете, ubruse i kesice od čaja... kao i sav baštenski otpad.

Član 30. Zakona o zaštiti životne sredine [2] specifikuje sledeće: Upravljanje otpadom sprovodi se po propisanim uslovima i merama postupanja sa otpadom u okviru sistema *sakupljanja, transporta, tretmana i odlaganja otpada*, uključujući i *nadzor* nad tim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom posle njihovog zatvaranja.

Uprkos postojanju zakonske regulative, na teritoriji grada Beograda ne postoji ni jedno postojenje za preradu organskog otpada i sav pijačni otpad se odvozi i odlaže na nesanitarnu deponiju „Vinča“. Najveće količine organskog otpada u Beogradu generišu maloprodajni trgovački lanci, pijace, restorani i katering službe.

Istraživanje koje se nalazi u osnovi ovog rada se odnosi na upravljanje organskim otpadom sa beogradskih pijaca. Na teritoriji grada Beograda postoje **32 aktivne pijace** koje zajedno proizvode oko 6900 tona otpada godišnje. Otpad koji se pojavljuje na gradskim pijacama po svojoj strukturi je sličan komunalnom otpadu, ali pošto sadrži čak 79,54% bio-otpada [5] daleko je podložniji separaciji i tretmanu organskog otpada.

U svetskoj praksi se primenjuje nekoliko vrsta tretmana bio otpada putem kojih se dobije energija i đubrivo, a koje su zasnovane na procesima anaerobne digestije i kompostiranja.

U Evropskoj uniji je primetan jak politički interes u promovisanju industrije koja povezuje tretman otpada sa obnovljivom energijom. U državama kao što su Italija (Zeleni sertifikati) ili Nemačka (Zakon o obnovljivoj energiji), danas postoji cilj da proizvođači ove tehnologije rade u zakonskom okviru koji omogućava **isplativost** anaerobne digestije, usled visokih naknada za odlaganje otpada, i posebnim cenama koji se plaćaju za proizvodnju obnovljive energije.

3. Materijali i metode

Prikupljanje podataka za istraživački deo rada se sastojalo od nekoliko koraka. Prvo, bilo je neophodno pronaći pouzdane informacije o količinama otpada, u čemu je saradnja sa nadležnima u JKP Gradske pijace puno pomogla. Takođe, u susret su izašli profesori Beogradskog univerziteta i Beogradske politehnike koji su me uputili u tehnološke procese. Zatim sam pristupila potrazi za podacima o evropskoj praksi upravljanja otpadom. Tu su kao izvor poslužile razne knjige i internet stranice prikupljene višemesečnim istraživanjem. Bilo je neophodno definisati područje rada, kvalitetno odvojiti značajno od nebitnog i dobro protumačiti pružene podatke.

Naime, na teritoriji grada Beograda postoje 32 aktivne pijace. To su: TC Novi Beograd, Kvantaška, Gornja Varoš, OTC, Dušanovac, Blok 44, Zemun, Bežanija, Smederevski Đeram, Kalenić, Zvezdara, Palilula, Skadarlija, Miljakovac, Mirijevo, Vidikovac, Zeleni venac, Braće Jerković, Banovo Brdo, Banjica, Borča, Senjak, Voždovac, Novo Kijevo, Bele vode, TC Krnjača, Konjarnik, Karaburma, Železnik, TC Depo, Mali mokri lug i Košutnjak.

Veće beogradske pijace imaju kontejnere unutar svojih površina, dok tamo gde za to nema mogućnosti postoje kontejneri koje dele okolno stanovištvo i pijaca.

Na svakoj od pijaca postoje pokretni objekti, tj. tezge (čiji broj varira) i prateći lokali: prodavnice, marketi, cvećare, pekare...

JKP Gradske pijace je u oktobru 2011. godine uradilo istraživanje na temu morfološkog sastava i količina otpada u kontejnerima i na pijačnim tezgama, dok otpad iz pojedinačnih lokala u okviru pijaca nije bio predmet istraživanja, tako da za njih ne postoje pouzdani podaci. Ovo istraživanje, čiji su rezultati prikazani u Elaboratu [5] (o količinama organskog otpada sa tezgi i morfološkom sastavu otpada u kontejnerima) zasnovano je na sopstvenoj metodologiji čija je suština da se uz minimalna sredstva, opremu i ljudstvo izvrši analiza, dođe do realnih podataka o strukturi otpada i informacija za izradu održivog modela upravljanja otpadom.

Za potrebe izrade ovog Elaborata JKP Gradske pijace je slučajnim izborom izabralo dve pijace na kojima su vršene analize [5]: TC Novi Beograd i Smederevski Đeram. Izvršena je i podela pokretnih objekata po grupama proizvoda koji se prodaju, a iz svake od navedenih kategorija izabrana su po 4 predstavnika:

1. voće i povrće;
2. cveće;

3. jaja, mleko i mlečni proizvodi, meso i testenina;
4. konditorski proizvodi, med, čajevi;
5. odeća, obuća, higijena i ostala roba široke potrošnje

Otpad je sakupljan u dva pravca:

1. na 20 izabranih tezgi; analiza je rađena na pijaci Smederevski Deram tokom 5 dana
2. u kontejnerima za ukupan otpad što uključuje otpad koji generišu posetioci i lokali; analiza je rađena na obe pomenute pijace

Razvrstavanje i merenje otpada takođe je rađeno odvojeno:

1. na tezgam je otpad grupisan u dve kese koje su svakodnevno dodeljivane odabranim zakupcima: jednu zelenu kesu, za organski otpad i drugu, crnu kesu za ostali otpad; otpad je potom meren na digitalnoj vagi
2. otpad iz kontejnera je ručno razvrstavan na 7 vrsta otpada i meren na digitalnoj vagi; ovaj podatak je jako bitan jer daje strukturu ukupnog generisanog otpada na pijacama

3.1. Analiza otpada u kontejneru

Analizom morfološkog sastava i količine otpada u kontejneru, rađenom na pijaci TC Novi Beograd [5], ustanovljeno je da:

- Ukupna masa u jednom kontejneru zapremine $1,1\text{m}^3$ iznosi 57,1 kg, od čega 45,4 kg organskog otpada i 11,7 kg ostalog otpada
- Srednja gustina nesabijenog otpada je: $51,9091\text{ kg/m}^3$
- U kontejneru prevladava organski otpad sa 79,54%, što se može videti na Tabeli 1.

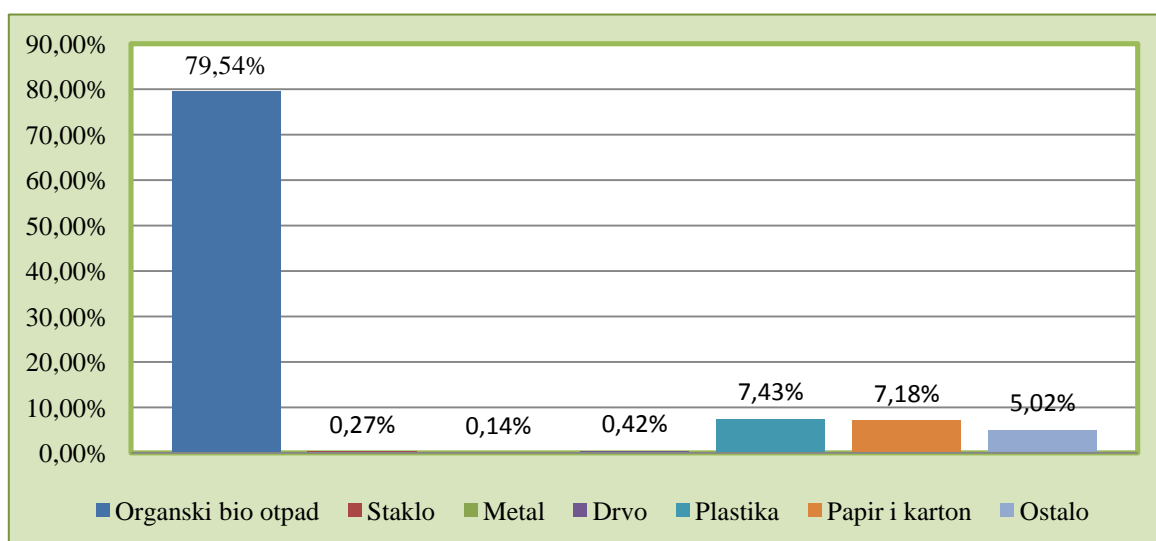


Tabela 1. Udeo otpada u kontejneru

Table 1. Waste procentage in a dumpster

3.2. Analiza otpada na tezgama

Ovim postupkom izračunat je doprinos zakupaca u stvaranju ukupne količine otpada. U toku nedelje primećene su promene količina organskog otpada po danima u nedelji. Iz Tabele 2.[5] može se videti da najviše otpada nastaje petkom i subotom. S obzirom da su ovo najposećeniji dani na pijaci tokom kojih da zakupci donose najviše robe, ovaj podatak je očekivan.

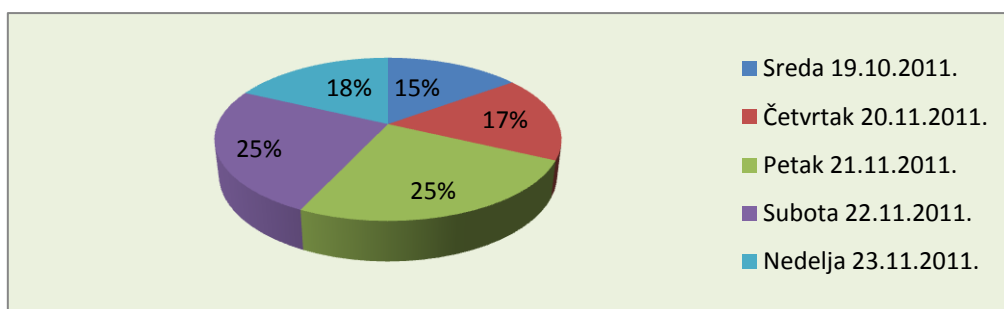


Tabela 2. Udeo organskog otpada u jednoj nedelji

Table 2. Organic waste production per day in a week

Srednja vrednost otpada koja dnevno nastaje na jednoj tezgi iznosi oko 2,3 kg. Činjenica da relativna standardna devijacija u jednom danu za jednu vrstu otpada uglavnom veća od 100%, ukazuje da postoje velika odstupanja između dva merenja (na dve tezge u jednom danu). Ova odstupanja su znatno niža ako se posmatra jedan zakupac tokom nedelju dana. Visoka odstupanja nisu zadovoljila polazni kriterijum pouzdanosti od 80% i odstupanja u merenju od $\pm 20\%$ pa se ovaj podatak uzima sa zadržkom.

Međutim i pored statistički nepouzdatih podataka, uočena je značajna razlika u količinama otpada koji generišu zakupci i ukupne količine u kontejnerima. Procenjeno je da ta razlika čini oko 50 t na godišnjem nivou na pijaci Smederevski Đeram [5]. Ovaj podatak ukazuje da skoro petina ukupne godišnje količine otpada dolazi iz nepokretnih objekata, te da zakupci tezgi značajno doprinose u generisanju ukupne količine otpada.

3.3. Dinamika odnošenja otpada i zbrinjavanje

Dinamika odvoženja otpada sa pijaca varira i zavisi od njene površine, prometa, lokacije... Sav kontejnerski otpad odvozi se na deponiju „Vinča“ gde se nepovratno skladišti. Taj proces se obavlja uz pomoć tri kamiona, jednog kamiona JKP Gradska čistoća i dva kamiona Gradskih pijaca. Broj nedeljnih pražnjenja kontejnera sa i oko pijaca se kreće u opsegu od 4 do 7.

Ako pretpostavimo da jedan kontejner zapremine $1,1 \text{ m}^3$ sadrži prosečno 45,4 kg organskog otpada, dobijamo godišnju količinu od oko 4500 organskog otpada tj. oko 5700 kg ukupnog otpada (Tabela 3.) .

Gradske pijace kamion 1	Gradske pijace kamion 2	Gradska čistoća	Broj kontejnera ($1,1\text{m}^3$)	Broj nedeljnih praznjenja	Količina iznetog organskog otpada godišnje (izraženo u tonama)
TC Novi Beograd			12	7	198,8792
Kvantaška			56	7	928,1031
Gornja Varoš			3	4	28,41132
OTC			16	6	227,2906
Dušanovac			7	7	116,0129
Blok 44			14	7	232,0258
Zemun			18	7	298,3189
Bežanija			2	7	33,14654
	Smederevski Đeram		8	7	132,5862
	Kalenić		15	7	248,5991
	Zvezdara		13	7	215,4525
	Palilula		5	7	82,86635
	Skadarlija		10	7	165,7327
	Miljakovac		9	6	127,8509
	Mirijevo		11	7	182,306
	Vidikovac		17	7	281,7456
	Zeleni venac		11	7	182,306
	Braće Jerković		7	7	116,0129
	Banovo brdo		10	7	165,7327
	Banjica		13	7	215,4525
		Borča	6	4	56,82264
		Senjak	3	4	28,41132
		Voždovac	2	4	18,94088
		Novo Kijevo	2	4	18,94088
		Bele vode	4	4	37,88176
		TC Krnjača	3	4	28,41132
		Konjarnik	2	4	18,94088
		Karaburma	3	4	28,41132
		Železnik	4	4	37,88176
		TC Depo	2	7	33,14654
		Mali mokri lug	4	4	37,88176
		Košutnjak	2	4	18,94088
Ukupno			294	186	4543,444 tona

Tabela 3. Dinamika odnošenja otpada sa svake gradske pijace

Table 3. Dynamics of waste disposal from green markets

Kada se prethodno izneti podaci uporede sa onima dobijenim u 2009. godini (Tabela 4.) uočava se da sezonalnost igra veliku ulogu u mesečnim količinama otpada, tj. da je generisanje otpada najintenzivnije u mesecu julu (i iznosi 871,16 t), dok je u februaru ta količina gotovo 2,5 puta manja.

Tabela 4. je sastavljena na osnovu podataka dobijenih u JKP Gradske pijace i odnosi se isključivo na otpad sa pijaca koje održava ovo preduzeće.

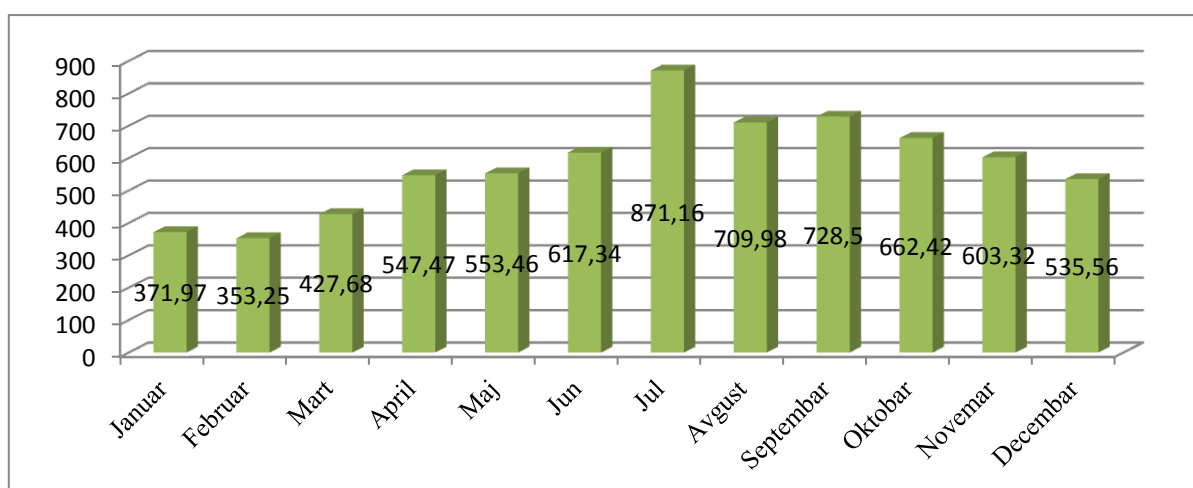


Tabela 4. Količina otpada odvežena na deponiju od strane JKP Gradske pijace u 2009. godini (u tonama)

Table 4. Amount of total waste disposed by PUC City Markets in 2009. (in tones)

Količina otpada odvežena u 2009. godini od strane JKP Gradske pijace iznosi 6980 tona otpada. Međutim JKP Gradske pijace održava, tj. realizuje odvoženje sa 20 od ukupno 32 pijace (Tabela 3.). One procentualno imaju 86% udela u ukupnoj godišnjoj generisanoj količini [5]. To znači da je u 2009. godini ukupno odveženo 8116 tona otpada, od čega 6450 tona organskog otpada.

Taj podatak ukazuje na ogromno odstupanje u odnosu na projektovanu cifru iz 2011. godine [5] koja iznosi 4550 tona organskog otpada (prethodno pomenuta analiza vršena u oktobru mesecu 2011. godine).

Smatram da je najverovatniji razlog ovolikog odstupanja leži u sezonalnosti i činjenici da se najviše otpada proizvede onda kada ima najviše poljoprivrednih kultura. Analiza je radjena u mesecu oktobru, kada je količina organskog otpada manja.

Zbog ovakvih odstupanja, za potrebe ovog rada sam odlučila da usvojim princip geometrijske sredine dve prethodno navedene vrednosti (4550 t i 6450 t) i da za procenjenu količinu otpada definišem **5500 tona organskog otpada godišnje**. Na isti način došla sam do cifre od 6900 tona ukupnog otpada godišnje.

4. Rezultati istraživanja i diskusija

Kao što je u uvodu ovog rada izneto, u Beogradu ne postoji ni jedno postrojenje za preradu organskog otpada, a kada ga bude svoj rad će morati da zasniva na nekoj od poznatih tehnologija rada sa bio-otpadom, kao što su anaerobna digestija i kompostiranje.

Anaerobna digestija je biohemijski proces pri kojem, u odsustvu kiseonika, bakterije razlažu organske materije, proizvodeći biogas. **Kompostiranje** je proces pri kom se organska materija razlaže aerobno, a rezultat ovog tretmana su azotom i ugljenikom bogate supstance koje se mogu dodati zemljištu za poboljšanje stukture i kvaliteta.

Ta buduća postrojenja će pored pomenutih tehnologija, morati da poštuju celokupnu hijerarhiju upravljanja otpadom koja je u skladu sa zakonskom regulativom.

4.1. Hijerarhija upravljanja otpadom

Hijerarhija upravljanja otpadom koristi se u cilju rangiranja aktivnosti rukovanja otpadom. Prema hijerarhiji upravljanja koju je usvojila Agencija za zaštitu životne sredine SAD (US Environmental Protection Agency, US EPA) prioritetne aktivnosti se navode sledećim redosledom:

redukcija na izvoru > recikliranje > sagorevanje otpada > deponovanje [1].

Slično tome, preporučena hijerarhija upravljanja otpadom u Evropskoj uniji se zasniva na sledećim aktivnostima: sprečavanje nastajanja otpada i redukcija njegove štetnosti; ponovna upotreba; recikliranje; iskorišćenje za dobijanje energije. Na kraju se pristupa sigurnom odlaganju, tj. spaljivanju ili deponovanju.

Kada je hijerarhija prioriteta u pitanju, bar na komunalnom nivou, često se misli na takozvanu „3R“ piramidu koja obuhvata smanjenje otpada (reduce), ponovnu upotrebu (re-use) i recikliranje nastalog otpada (recycle).

Ipak hijerarhija upravljanja nikad nije tako jednostavna pa se zato češće pominje takozvana „5R“ **piramida** koja pored navedenih obuhvata hemijski, termički, fizički i biološki tretman (recover) i odlaganje (residual management) [1].

Kada hijerarhiju upravljanja otpadom primenimo na pitanje upravljanja organskim otpadom na komunalnom nivou dobijamo sledeći niz postupaka:

redukcija na izvoru > odvajanje vrste otpada (podela na crnu i zelenu kesu) > transport otpada do centra za tretman > anaerobna digestija otpada > kompostiranje > korišćenje produkata u poljoprivredne i energetske svrhe

4.2. Redukcija na izvoru

Redukcija na izvoru svodi se na smanjenje količina bačenog otpada. Prema izveštaju Evropskog parlamenta [6] do 50% zdrave i jestive hrane se baci u domaćinstvima, industriji, supermarketima i restoranima širom EU. Ako ne dođe do promena, procenjeno je da će bacanje hrane do 2020. godine dovesti do 126 miliona tona prehrambenog otpada, što predstavlja uvećanje od čak 40% u odnosu na sadašnjih **179 kg po stanovniku godišnje**. Važno je naglasiti da se u supermarketima i prodavnicama baci 5% od ukupnih 126 miliona tona što iznosi 6,45 miliona tona hrane godišnje.

Na beogradskim pijacama dnevno se baci oko 2,3 kg otpada po tezgi, a za prolećne i letnje mesece i do tri puta toliko, dok u pijačnim kontejnerima udeo organskog otpada iznosi 79,54% ukupne mase, od kojih dobar deo može da se izbegne.

4.3. Odvajanje vrste otpada

Postoji više modela prikupljanja otpada od kojih je onaj sa razvrstavanjem na lokaciji nastajanja na tzv. zelenu i crnu kesu jedini izvodljiv u istraživačkoj fazi projekta (u kojoj **se procenjuje količina otpada**). Zelena kesa bi obuhvatala samo organski otpad, dok bi se u crnoj kesi nalazio sav ostali otpad. Ovakav sistem kao sledeću fazu predlaže centre za separaciju otpada i njegov tretman na nivou grada. Pun smisao separacija otpada će dobiti kada grad Beograd izgradi makar jedan takav centar.

4.4. Transport otpada do centra za tretman i njegova lokacija

Transport bi se vršio na isti način kao što je u ovom radu već navedeno. Obzirom na to da se trenutno sav otpad vozi na deponiju „Vinča“, najbolje mesto za postrojenje za preradu organskog otpada je njena neposredna blizina. Taj kompleks za tretman otpada obuhvatao bi reaktore za anaerobnu digestiju kao i postrojenje za kompostiranje.

4.5. Anaerobna digestija

Anaerobna digestija predstavlja biohemijski proces pri kojem, u odsustvu kiseonika, bakterije razlažu organske materije, proizvodeći biogas [3]. Biogas se sastoji od 55-70% metana i 30-45% ugljen-dioksida. U zavisnosti od sastava organske materije, od jedne tone otpada se može dobiti od 100 do 150 m³ biogasa. **Iz toga sledi, da grad Beograd od 5500 tona organskog pijačnog otpada može godišnje proizvesti do 825.000 m³ biogasa.**

Kod ovog tretmana primenjuje se i **metanizacija gasa**, kada se iz njega izdvaja ugljen-dioksid, pa je dobijeni gas po sastavu sličan prirodnom. Tada može da se ubacuje u mrežu za distribuciju prirodnog gasa, ili da se koristi kao gorivo za motore s unutrašnjim sagorevanjem.

Jedna austrijska kompanija razvila je takozvani hibridni reaktor sa visokim opterećenjem [3] koji je projektovan za tretman velikih zapremina organskog otpada i tokova ostataka od biogoriva, koji podrazumevaju kompleksne supstrate u svom procesu. Ovakva tehnologija je prvi put instalirana u Italiji 2005. godine. Postrojenje se sastoji od dva fermentatora zapremine 2.900 m^3 koji obrađuju oko 120.000 tona prethodno pripremljenog organskog otpada godišnje. Biogas koji se dobija, koristi se za pokretanje postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije od 3,0 MWe električne energije [3].

Primer postrojenja malih razmera prikazan je na slici 1.



Slika 1. Primer postrojenja za anerobnu digestiju malih razmera

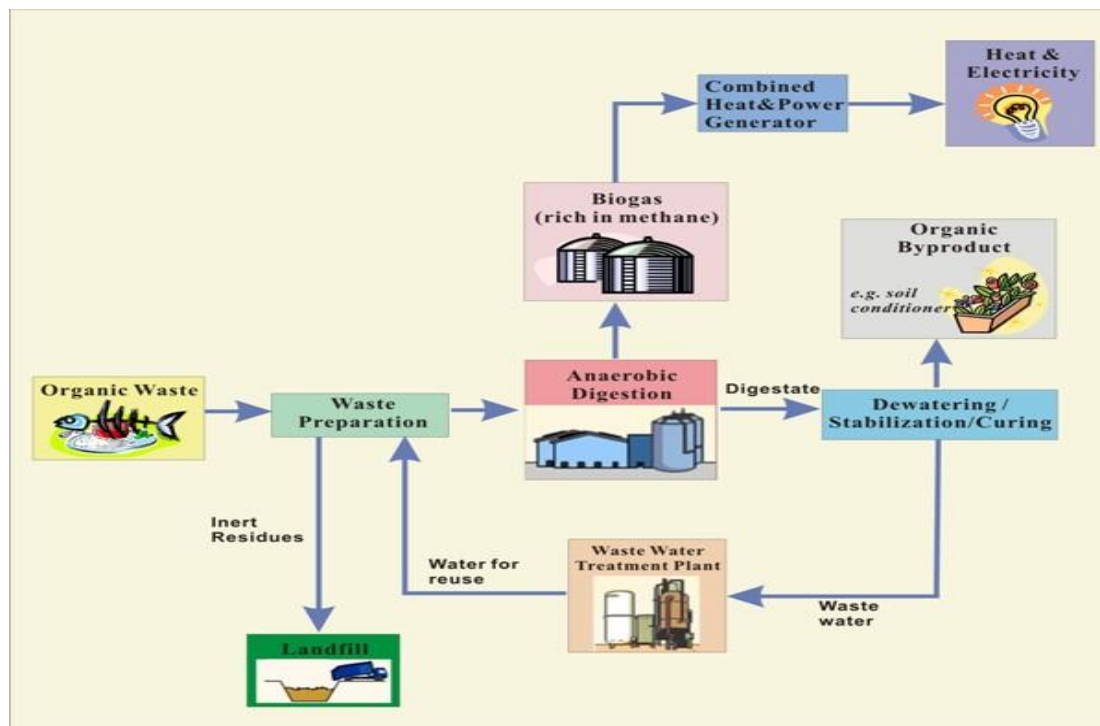
<http://www.sustainablyougrave.org/moxie/casestudies/from-cow-dung-to-electric.shtml>

4.5.1. Tehnologija anerobne digestije kroz primer prakse grada Vasterasa u Švedskoj

Fabrika poseduje nekoliko postrojenja za različite procese [9]. Naime, nakon prijema čvrstog bio otpada, on se u tri turbomiksera meša sa vodom kako bi se dobila organska kaša sa svega 10% čvrste materije. Ta kaša se filtrira i odlazi na toplotni tretman u tri velika rezervoara gde se zadržava jedan sat na temperaturi od 70°C . Taj deo procesa se vrši tako što jedan rezervoar obrađuje materiju, drugi se puni, a treći prazni. Nakon ovoga kaša prelazi u digestor zapremine 4000 m^3 . Proizvedeni gas je u opsegu od $250\text{--}300\text{ Nm}^3/\text{h}$. Odmah nakon izlaska gas prolazi kroz kompresor, a zatim kroz merno-regulatorni set gde se reguliše njegov protok i meri proizvedena količina. Taj gas se zatim skladišti u rezervoare kapaciteta 800 m^3 .

Na ovaj način godišnje se proizode energetski ekvivalent od 2,3 miliona litara gasa [9], a nusproizvod ovog procesa je visoko kvalitetno đubrivo koje okolni poljoprivrednici koriste u proizvodnji useva. Ipak, osnovna potrošnja gasa je kao pogonsko gorivo za gradska vozila kao i sva vozila koja učestvuju u procesu proizvodnje (40 autobusa, 10 kamion i 500 lakih vozila), a višak gasa se koristi u gradskom sistemu grejanja [9].

Na slici 2. je vizuelno predstavljen proces upravljanja otpadom u okviru fabrike za anaerobnu digestiju.



Slika 2. Kruženje otpada u okviru postojenja

http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/waste/prob_solutions/WFdev_OWTF.html

4.5.2. Praksa i primenljivost anaerobne digestije u Evropskoj uniji

Trenutno se u Evropskoj uniji 4% od ukupnih energetskih potreba proizvodi iz biomase, što je ekvivalentno količini od 69 miliona tona nafte [3].

Veći deo komunalnog čvrstog otpada u Evropskoj uniji, trenutno se odlaze na deponiju sa 49%, sledi insineracija, pa recikliranje i kompostiranje sa 33%. Prema Evropskoj agenciji za zaštitu životne sredine (EEA) od 30% do 40% komunalnog čvrstog otpada koji se generiše širom Evrope može se koristiti za anaerobnu digestiju. U 2005, u Evropi (EU – 25) generisano je 120 miliona tona otpada koji se mogao tretirati anaerobnom digestijom i iz kojeg bi se moglo proizvesti oko 9 miliona m^3 biogasa, ili naftnog ekvivalenta od **4,6 miliona tona**.

4.5.3. Značaj i prednosti anaerobne digestije

Postoji veliki broj faktora koji će doprineti povećanom interesovanju za tehnologije poput anaerobne digestije. Neki od njih su: rastuće količine otpada, povećana potražnja za energijom u svetu, rastuća cena energije i velika zavisnost od fosilnih goriva, klimatske promene koje zahtevaju hitne reakcije i aktivnosti, i to da veliki deo zemljišta u Evropi, pa i u Srbiji ima mali sadržaj organskih materija i smanjenu plodnost.

Najpraktičnije rešenje za zaštitu životne sredine predstavljaće dobijanje energije iz otpada, ne samo iz komunalnog čvrstog otpada, nego i iz ostataka iz industrije.

Anaerobna digestija ima značajan potencijal za industrije sa organskim tokovima, kao što je proizvodnja hrane, industrija tekstila i papira, farmaceutska industrija i proizvodnja bio goriva jer kombinuje nekoliko prednosti [3]. Kao tehnologija se može smatrati CO_2 neutralnom, zato što **nema dodavanja CO_2** u atmosferu. Tehnologija anaerobne digestije može smanjiti nepoželjne i nekontrolisane emisije metana, iskorišćavanjem energetskog potencijala ovog gasa, uz smanjenje zapremine otpada koja se usmerava na deponiju.

To dovodi do raznovrsnosti snabdevanja energijom, značajnog smanjenje emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte (209 miliona tona samo u EU), direktnog zapošljavanja velikog broja ljudi i manje upotrebe fosilnih goriva.

4.6. Kompostiranje

Kompostiranje je **proces biološke transformacije** u kome se, aktivnošću mikroorganizama, organske materije konvertuju u proizvod sličan humusu, poznat kao kompost [1]. Kontrolisano kompostiranje koje se primenjuje za tretman biorazgradive organske materije razlikuje se od onog koje se odigrava u prirodi po uslovima odigravanja. Primenom naučnih saznanja i savremenih tehnoloških rešenja proces razlaganja je ubrzan i obezbeđena je bolja kontrola kvaliteta krajnjeg proizvoda. Zbog primene ovakvih tehnologija krajnji proizvod tretiranja je stabilan, bez patogena i semena biljaka, pogodan za primenu na zemljištu.

Direktiva EU o deponovanju [1] kojom se zabranjuje odlaganje biorazgradivog otpada na deponije stimuliše kompostiranje i druge tretmane kao veoma pogodne načine smanjenja količine deponovanog otpada. U Evropskoj uniji postoje države koje imaju široko razrađenu i primenjenu strategiju upravljanja bio otpadom, a tu spadaju Austrija, Holandija, Švajcarska, Belgija (uglavnom Flandrija), Luksemburg i Nemačka koja prednjači sa upotrebom čak **80% ovog otpada**.

4.6.1. Tehnologija i tehnike kompostiranja

Proces kompostiranja se odigrava u dve faze. U prvoj fazi mikroorganizmi razlažu organske materije na prostije i oslobađa se toplota. U ovoj fazi se zapremina naslage koja se kompostira smanjuje, a materija se suši.

U drugoj fazi nastali proizvod sazreva, jer su svi prethodno dostupni hranjivi sastojci iskorišćeni i smanjuje se broj metaboličkih procesa. To za posledicu ima i smanjenje količine oslobođene toplote. Kada je proces završen zapremina naslage je smanjena od 20% do 60%, a masa i do 50%, dok je sadržaj vlage svega 40% jer je velika količina vode isparila [4]. Neprijatni mirisi koji su se javljali u prvoj fazi, na kraju potpuno nestaju, a proizvod postaje pH-neutralan (pH je oko 7).

Iz toga sledi, da grad Beograd od 5500 tona organskog pijačnog otpada može godišnje proizvesti do 2800 t komposta, koji se može rasporediti na 700 hektara obradivog poljoprivrednog zemljišta.

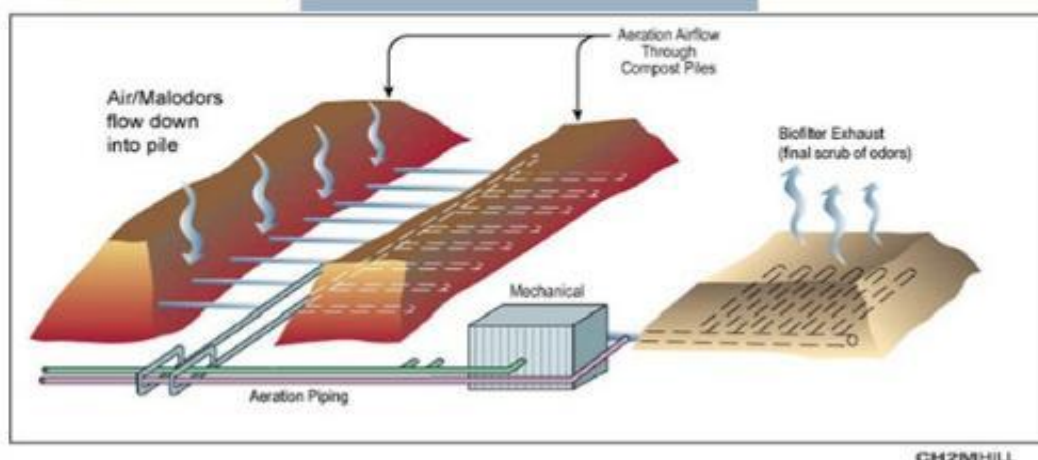
Postoje dve osnovne metode kompostiranja, a to su **statički i tip sa agitacijom** [1]. Kod statičkog tipa materijal se ne pomera, a vazduh se uduvava kroz materijal. Kod metode sa agitacijom, materijal se okreće s vremena na vreme da bi se obezbedio kiseonik i ujednačen proizvod.

Za najprimenjiviji i ekonomski najisplativiji metod, smatram kompostiranje u polju. Međutim, kako se radi o gradskoj odnosno prigradskoj sredini potrebno je u što većoj meri eliminisati neprijatne mirise koji se izdvajaju tokom procesa. Najbolje rešenje za taj problem je izgradnja zatvorenog postojenja, gde bi bili ugrađeni biloški filteri ili kontaktori sa aktivnim ugljem, što u velikoj meri sprečava širenje mirisa.

Kada se kompostiranje vrši u polju, kod statičkog metoda otpad se nanosi u obliku nasipa, a kod agitacione metode u obliku naslage/gomile [1].

Aerisano kompostiranje statičkog nasipa, poznato je još pod nazivom „**Beltsvil proces**“ [1] po gradu Beltsville-u u SAD gde je Odeljenje za poljoprivredu SAD razvilo ovaj postupak. Naime, nasipi se sastoje od mreže aeracionih cevi, obično probušenih plastičnih cevi na koje se nanosi prethodno obrađena organska materija. Svaki nasip ima sopstveni ventilator za bolju kontrolu snabdevanja vazduhom, kako bi se obezbedila dovoljna količina kiseonika za biološke procese i održala stalna temperatura. Ti ventilatori mogu biti deo nekog kompjuterizovanog sistema da bi se obezbedila uniformisanost svih nasipa. Takođe, kako bi se sprečilo širenje mirisa, obično se nanosi sloj već sazrelog komposta, preko formirane gomile. Kompostiranje se vrši 3 do 4 nedelje, a sazrevanje tokom sledećih 4 i više nedelja.

Aerated Static Pile Schematic



Slika 3. Aerisano kompostiranje statičkog nasipa (<http://www.grand-island.com/index.aspx?page=173>)

Kompostiranje metodom naslage je jedan od najstarijih metoda. Kao jedini primenljiv sistem ovog metoda izdvajam tzv. **visokostepeni sistem** [1] koji se sastoji od gomila manjeg poprečnog preseka, visine oko 2 metra i širine osnove oko 4,5 metra. Pre nego što se formira gomila, materijal se melje i prosejava kako bi se dobio ujednačen preliminarni proizvod. Kod ovakvog sistema materijal se obrće dva puta nedeljno, pri čemu se šire neprijatni mirisi, a temperatura raste na 55°C. Ovako se postupa 3 do 4 nedelje kada se prvi deo procesa završava i počinje sazrevanje koje traje još 3 do 4 nedelje. Ukoliko se neka organska materija nije do tada razgradila, to se u procesu sazrevanja dešava pod dejstvom gljivica [11].



Slika 4. Kompostiranje metodom naslage (<http://backtalk.tumblr.com/page/3>)

Zbog većeg kvaliteta komposta, manjeg širenja neprijatnih mirisa i mogućnosti kompjuterskog upravljanja procesom kompostiranja, smatram da je „Beltville proces“ napogodniji za tretiranja velikih količina bio-otpada.

4.6.2. Kvalitet komposta

Kvalitet komposta se ogleda u sadržaju hranljivih materija, količini vlage, prisustvu stranih materija, stepenu zrelosti, koncentraciji soli, prisustvu patogena, koncentraciji teških metala... Međutim, ni do danas nisu jasno definisani kriterijumi o kvalitetu komposta sa aspekta navedenih promenljivih. Čak se u Evropskoj uniji kriterijumi razlikuju od zemlje do zemlje. U Austriji se na primer, kvalitet deli na klase A⁺, A i B, dok se u Holandiji deli na veoma dobar i dobar, a u Nemačkoj takođe na dve klase, u zavisnosti od koncentracije teških metala. U Tabeli 5. se vide granične vrednosti teških metala u okviru A i A⁺ klase, koje se primenjuju u Austriji od 2001. godine [10]. Klasa B nije data jer je ona minimalnog kvaliteta i ne može da se primenjuje u poljoprivredi, a što je prema ovom radu i namena komposta.

	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Cr	Hg
Klasa A ⁺	0,7	25	45	70	200	70	0,4
Klasa A	1,0	60	120	150	500	70	0,7

Tabela 5. Maksimalne vrednosti koncentracije teških metala u kompostu u Austriji

Table 5. The maximum concentration values of heavy metals in compost in Austria

4.6.3. Površine zemljišta neophodne za kompostiranje

Za kompostiranje materijala u obliku nasipa kapaciteta 50 tona dnevno potrebno je obezbediti površinu od 1 ha. Takođe za upravne zgrade, opremu i pristupne puteve neophodno je još 0,6 ha. Za svakih dodatnih 50 tona otpada za kompostiranje potrebno je još oko 0,4 ha za nasipe i 0,1 ha za ostale potrebe [1].

Prema ovoj računici, a znajući da dnevno prosečno stiže oko 20 tona organskog otpada sa pijaca, mogu zaključiti da je neophodno 0,7 ha za potrebe postojenja i pratećih objekata.

4.6.4. Primenljivost komposta u poljoprivredi

Sve veća orijentisanost proizvođača ka poboljšanju kvaliteta zemljišta povećava potražnju organskog otpada, pogotovo u već zagađenim zemljištima u okolinama velikih gradova. Po rečima Ralfa Jurgensa, komercijalnog proizvođača komposta iz Nemačke [11] broj korisnika ovog đubriva je utrostručen u poslednjih 5 godina.

Raznim analizama i praksom [11] utvrđeno je da 4 tone komposta po hektaru, donose veće prinose nego preporučenih 10 tona pregorelog, tj. 20 tona sirovog stajnjaka.

Korišćenje komposta kao dodatka zemljištu ima brojne pozitivne efekte:

- poboljšava fizičku i hemijsku strukturu zemljišta, tj. njegovu plodnost
- obezbeđuje unos korisnih mikroorganizama
- podstiče rast, zdravlje i kvalitet ploda

Kompost povećava poroznost i doprinosi prozračnosti zemljišta, zadržava veći procenat vlage pa samim tim smanjuje potrebu za navodnjavanjem. Zbog svoje specifične tamno braon boje uvećava apsorpciju sunčeve svetlosti, čime dodatno zagreva površinski sloj zemlje.

Mnogi mikroorganizmi sadržani u kompostu vezuju atmosferski azot i prebacuju ga u biljci prihvatljiv oblik.

Gljivice u kompostu odgovorne su za razgradnju organske materije kao što su celuloza i razni polimeri, a u samom kompostu stvaraju huminske kiseline koje sadrže 3 do 5 puta više hranljivih materija od zemlje. Gljivice su ključne za rast biljaka jer oslobađaju azot i ugljenik, a neke luče antibiotike koji eliminišu patogene [10].

Bakterije vezane za koren su, takođe, u stanju da luče antibiotike koji podižu otpornost biljke na pojedine bolesti, pa se pesticidi mogu drastično redukovati ili čak isključiti.

Plodovi gajeni uz upotrebu komposta su tržišni prihvatljiviji, jer su boljeg ukusa i sadrže veće koncentracije korisnih supstanci. Naime, naučnim istraživanjima [11] utvrđeno je da paradajz gajen na ovaj način sadrži više hlorofila. Drugim istraživanjem [11] ukazano je da krompir sadrži više skroba, a kupus više vitamina C u odnosu na onaj gajen na veštačkim đubrivima. Pored ovog, prinos krompira povećan je za 8%, što je uvećalo prihod po hektaru za 292\$.

5. Zaključak

Upravljanje organskim otpadom je sistem koji će morati da bude rešen u bliskoj budućnosti. Kako otpada ima sve više, a prostora za njegovo skladištenje sve manje, (posmatrajući brzinu rasta populacije u gradu Beogradu) najpraktičnije rešenje za zaštitu životne sredine predstavljaće dobijanje energije iz otpada, ne samo komunalnog (čvrstog) otpada, nego i iz ostataka iz industrije i trgovine. Zato je strateški važno uklopiti pijačni otpad u sistem upravljanja svim komercijalnim organskim otpadom čiji su najveći proizvođači pijace, supermarketi, trgovinski lanci, katering službe, cvećare, restorani i dr.

Rešenje ovog sistema leži u primeni dobre prakse iz Evrope za potrebe grada Beograda.

Otpad koji se prerađuje anaerobnom digestijom, ne samo što proizvodi biogas, već je kao tehnologija CO_2 neutralna. Količine gasa koje se dobijaju ovim postupkom nisu velike kada se posmatra samo pijačni otpad, međutim kada se posmatra sav organski otpad komercijalnog porekla, ove količine se drastično povećavaju. Nusproizvod anaerobne digestije je organska masa pogodna za kompostiranje. Na ovaj način ne samo što se dobija gas pogodan za grejanje ili pogon motora već i korisno, neštetno đubrivo, a količina emitovanih gasova staklene bašte je daleko manja.

Kako je obradivo zemljište u prigradskoj sredini sve više kontaminirano raznim hemijskim sredstvima kao što su pesticidi, ali i atmosferskim padavinama poput kiselih kiša najpogodniji način za njegovu revitalizaciju je upotreba prirodnih sredstava poput komposta. Kao što je u radu izneto, kompost poboljšava pozornost i prozračnost zemljišta, a mikroorganizmi koji se nalaze u njegovom sastavu pružaju biljkama neophodne nutrijente, pa se samim tim ponovo uspostavlja prirodna ravnoteža u zemljištu.

Pošto je poljoprivredna grana budućnost Srbije, a kako bi se promovisala upotreba komposta, poljoprivrednici sa teritorije grada Beograda bi kompost, nastao u postojenjima za preradu, trebalo da kupuju po beneficiranim cenama ili budu potpomognuti raznim bespovratnim kreditima i subvencijama.

Sakupljanje i odvajanje organskog otpada će dobiti pun smisao tek kada se izgrade separacioni centri, u kojima bi zaposlenje našli oni pojedinci, neformalni sakupljači, koji trenutno izdvajaju reciklabilni otpad (poput papira i kartona) iz kontejnera na teritoriji grada Beograda.

Što se tiče vremenske dimenzije uvođenja razdvajanja otpada, domaćinstva bi trebalo da budu poslednja koja ulaze u ovaj lanac, jer je za tako nešto neophodna široka svest ljudi o

problemima ove vrste, što u ovom trenutku, nažalost nije slučaj. Do tih okolnosti, razdvajanje otpada treba da postane obaveza pravnih subjekata: javno-komunalnih, trgovačkih i ugostiteljsko-uslužnih preduzeća.

Stoga preporučujem da je, pored rada na izradi plana i njegovoj primeni, neophodno raditi na širenju svesti kod stanovništva jer je ono glavni uzročnik otpada u gradskim sredinama.

6. Literatura

- [1] M.Ristić i M.Vuković, Upravljanje čvrstim otpadom: tehnologije prerade i odlaganja čvrstog otpada, Tehnički fakultet u Boru Univerziteta u Beogradu, Bor, 2006.
- [2] Zakon o zaštiti životne sredine, Sl.glasnik RS, br 135/05
- [3] Doc. dr Goran Vujić i dr., Studija mogućnosti korišćenja komunalnog otpada u energetske svrhe na teritoriji Autonomne pokrajine Vojvodine i Republike Srbije, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu Univerziteta u Novom Sadu, 2008
- [4] Jelena Gavrilović, doc. dr Jasmina Radosaljević dipl.ing, Analiza tretmana komunalnog čvrstog otpada, Zbornik radova, *Ekološka istina*, Sokobanja, 2006, 354.
- [5] <http://www.iswabeacon.rs/files/2011/S2-1.pptx>
- [6] <http://www.europarl.europa.eu/news/en/pressroom/content/20120118IPR35648/html/Parliament-calls-for-urgent-measures-to-halve-food-wastage-in-the-EU>
- [7] <http://www.scribd.com/doc/11053053/Organic-Recycling-Organic-Waste>
- [8] <http://www.biogassrbija.com/prednosti-biogasa.php>
- [9] <http://www.aleksinac.net/nauka/biogas.html>
- [10] http://www.ramiran.net/ramiran2010/docs/Ramiran2010_0112_final.pdf
- [11] <http://www.agroplod.rs/aktuelnosti/reportaze/organsko-dubrivo-i-kompost-za-vece-prinose/>

Zahvalnost autora

Ovom prilikom želela bih da se zahvalim svima koji su doprineli da rad dobije ovaj oblik. Veliku zahvalnost dugujem dr. Slaviši Putiću, profesoru na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, koji me je podržavao i pružao svaki vid pomoći i dr. Marini Stamenković, predavaču sa Beogradske politehnike, koja mi je obezbedila deo korišćene literature. Značajni deo rada baziran je na istraživanjima koje je uradilo JKP Gradske pijace, a sa kojim su me upoznali Bojana Vlahović, rukovodilac Sektora pijačne politike i Đorđe Teofilović, rukovodilac Volonterskog centra. Takođe napominjem da mi je Mirjana Karić, PR JKP Gradska čistoća pružila podatke o učešću ovog preduzeća u odvoženju otpada sa pijaca.

Centru za talente dugujem zahvalnost na pruženoj mogućnosti saradnje sa stručnjacima iz ove oblasti. Najveću zahvalnost dugujem svojim mentorima, profesorki Treće beogradske gimnazije, Snježani Raković i asistentu Geografskog fakulteta u Beogradu, Ivanu Novkoviću na podršci i smernicama u izradi rada.